

Kadmiumterhelés és istállótrágyázás hatása a *Vigna unguiculata* L. és *Vigna radiata* L. Cd-felvételére

¹PANWAR BHOOP SINGH, ¹LAURA RAM DHARI és ²MORVAI BALÁZS

¹ Talajtani Tanszék, CCS Haryana Agrártudományi Egyetem, Hisar (India) és

² MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Bevezetés

Az elmúlt években talajaink és mezőgazdasági termékeink nehézfém szennyezettsége a talaj- és élelmiszerminőség védelmének követelményei miatt a figyelem középpontjába került (NÉMETH et al., 1993; McLAUGHLIN et al., 1996). DUNNIVANT és munkatársai (1992) úgy találták, hogy a kadmium mobilitását két folyamat határozza meg elsősorban: komplexképződés a talaj oldott állapotú szerves anyagaival, valamint adszorpció a talaj szilárd alkotórészein. HERMS és BRUMMER (1983) kimutatták, hogy 7 és 8 pH-jú talajhoz adott istállótrágya gyakran növelte a nehézfémek oldékonyságát. Következtetésük szerint a nehézfém-oldékonyság lebomlott szerves anyag jelenlétében (szennyvíziszap, istállótrágya) növekszik. A nagyobb oldott szervesanyag-tartalom nagyobb Cd-mozgékonytárolást eredményez a talajoszlopban, mert a kadmium a talajoldatban elsősorban organo-komplex formájában van jelen (HAMON et al., 1994). Ugyanakkor az igen stabil komplex formák (mint például a CdCl^- és a szerves komplexek) kevésbé toxikusak, mint a szabad Cd-ionok (SPOSITO, 1983). Nagyobb mértékű istállótrágyázáskor a talajban kifejezettebbé váló megkötés és kelátképzés révén mérséklődhet a kadmium káros hatása (HAGHIRI, 1973). A kadmium felvehetősége magas pH-jú, nagy só-, alacsony szervesanyag-tartalmú talajokon viszonylag csekély és ilyen talajokon a szervesanyag-alkalmazás bizonyos mértékig javíthat a tápanyagok és a nehézfémek felvehetőségén. KRAMER és KOENIG (1983) vizsgálatai szerint a növényi felvétel növekedett a Cd-kezeléssel és istállótrágyázással, csökkent viszont a talaj pH-jának és agyagtartalmának emelkedésével.

A jelen kísérlet a kadmium és az istállótrágyázás kölcsönhatását vizsgálta tehénborsó (*Vigna unguiculata* L.) és mungóbab (*Vigna radiata* L.) biomassza termékre és Cd-felvételére.

Anyag és módszer

Tenyészedény-kísérletet állítottunk be homokos vályog talajjal (*Typic Ustipsammets*) 1996-ban üvegházban (CCS Haryana Agricultural University, Hisar, India).

A talaj és az alkalmazott istállótrágya tulajdonságait az 1. táblázatban foglaltuk össze. Fóliával bélelt cserepekbe 4-4 kg légszáraz talajt helyeztünk és az alábbi kezeléseket alkalmaztuk: 0, 2,5, 5,0, 10 és 20 mg kg⁻¹ Cd, CdCl₂ formájában, valamint 0, 0,5, 1,0 és 2,0 súly% istállótrágya (száraz súlyban). Az 5 Cd- x 4 istállótrágya-kezelés összes kombinációját beállítottuk: 5x4 = 20 kezelésben, 3 ismétléssel, azaz 60 edénnyel, random elrendezésben. Alaptrágyát adtunk tápoldat formájában a tenyészedények összeállításakor 25 ppm N-, 50 ppm P-, 65 ppm K-, 10 ppm Mn- és Fe-, 5 ppm Zn-ellátottsági szint elérésére, valamint N-fejtrágyát (ammónium-szulfát) a vetés után 20 nappal 10 mg kg⁻¹ dózisban.

1. táblázat

A kísérletben felhasznált talaj és istállótrágya kémiai tulajdonságai

(1) Paraméter	(2) Módszer	(3) Talaj	(4) Istálló- trágya
pH	H ₂ O, 1:2	8,6	
a) elektromos vezetőképesség, dS m ⁻¹	H ₂ O, 1:2	0,08	
b) szerves C, %	WALKLEY & BLACK (1934)	0,06	38,9
c) kationcsere kapacitás, cmol kg ⁻¹		3,2	
d) mechanikai összetétel	JACKSON (1958)		
e) homok, %		91,8	
f) iszap, %		5,7	
g) agyag, %		2,5	
CaCO ₃	PURI (1949)	-	
N, ppm	SUBIAH & ASUA (1956)/ LINDLER (1944)	49,0	1,20 %
P, ppm	OLSEN et al. (1954)/KOENIG & JOHNSON (1942)*	4,3	0,55 %
K, ppm	PIPER (1966)	107,8	
h) DTPA kivonható	LINDSAY & NORVELL (1978)		
Cd, ppm		0,08	0,25
Zn, ppm		0,32	55,5
Cu, ppm		0,25	21,7
Mn, ppm		1,57	216,8
Fe, ppm		4,34	2160
i) C/N arány			33,25

Tehénborsót (*Vigna unguiculata* L.) és mungóbabot (*Vigna radiata* L.) neveltünk a tenyészedényekben 10-10 mag elvetésével, 5-5 növény felnevelésével a virágzásig (45 napig). A föld feletti növényi részt betakarítás után lemostuk savas, majd tiszta desztillált vízzel. Súlymérésre 72 órás 60 °C-on történő szárítás után került sor. A mintákat megőröltük (< 4 mm) és leroncsoltuk H₂SO₄ és HClO₄ 5:1 arányú keverékében, majd Cd-tartalmukat atomabszorpciós spektrofotométerrel határoztuk meg.

Eredmények

Szárazanyaghozam

A föld feletti rész száraz tömege mindkét növény esetében jelentősen csökkent a Cd-terheléssel (2. táblázat). Az istállótrágyázás ugyanakkor szignifikánsan növelte a téhenborsó szárazanyaghozamát. A Cd-kezelés és istállótrágyázás közötti kölcsönhatás statisztikailag nem volt igazolható, bár trendszerűen megmutatkozott, a szárazanyaghozam csökkenése %-ban a kontrollhoz képest például a 20 mg kg⁻¹ Cd-szinten 55, 58, 52 és 44 volt a megfelelő 0, 0,5,

2. táblázat

Cd-terhelés és istállótrágyázás hatása a téhenborsó és mungóbab hajtásának száraz tömegére (g tenyészedény⁻¹)

(1) Cd-szint mg kg ⁻¹	(2) Istállótrágya a talaj súly %-ában				(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
	0	0,5	1,0	2,0		
A. Tehénborsó						
0	7,43	8,17	8,37	8,70	N.S.	8,17
2,5	5,60	6,17	6,27	7,07		6,28
5,0	4,80	5,27	5,70	6,30		5,54
10,0	4,23	4,70	5,13	5,40		4,84
20,0	3,37	3,47	4,00	4,90		3,94
a) SzD _{5%}	N. S.					0,28
b) Átlag	5,09	5,56	5,89	6,49	0,25	
B. Mungóbab						
0	4,13	5,67	6,13	6,50	0,40	5,61
2,5	3,67	4,17	4,53	4,73		4,28
5,0	2,67	3,10	3,40	4,20		3,34
10,0	2,13	2,93	3,07	3,73		2,97
20,0	1,60	2,00	2,40	3,37		2,34
a) SzD _{5%}	0,40					0,20
b) Átlag	2,84	3,57	3,91	4,51	N.S.	

N.S.: nem szignifikáns

1,0, 2,0 %-os istállótrágyázásnál. Ez jelzi, hogy az istállótrágyázás bizonyos fokig mérsékelte a kadmium hatását. Mungóbab esetében viszont jelentős Cd x istállótrágya kölcsönhatást tapasztaltunk: a legnagyobb (20 mg kg⁻¹) Cd-terhelés 61 %-kal szorította vissza a növény fejlődését a trágyázatlanhoz viszonyítva, míg a maximális (2,0 %-os) istállótrágyázásnál ez a hatás csak 48 %-os volt.

Növényi kadmiumtartalom

A növekvő Cd-terhelés minden esetben szignifikánsan magasabb Cd-koncentrációt eredményezett a kísérleti pillangós növényekben (3. táblázat). A tehénborsó hajtásának szövetében a Cd-koncentráció emelkedése 79-szeres volt a kontrollhoz képest a maximális terhelésnél (20 mg kg⁻¹ Cd). A trágyázás jelentősen növelte a kadmium koncentrációját a hajtásban, ez %-ban átlagosan 3,7, 7,8 és 14,1-nek adódott a kontrollhoz képest 0,5, 1,0 és 2,0 %-os istállótrágyázásnál. A mungóbab szövetében található Cd-koncentráció átlagértéke 0,06, 2,4, 3,2, 4,0 és 5,7 µg g⁻¹ volt a 0, 2,5, 5,0, 10 és 20 mg kg⁻¹ Cd-kezelésnél. A 20 mg kg⁻¹-os szinten a mungóbab szövetében 96-szor nagyobb koncentrációjú Cd-mennyiség volt kimutatható a kontrollhoz képest a trágyakezelé-

3. táblázat

Cd-terhelés és istállótrágyázás hatása a tehénborsó és mungóbab hajtásának Cd-tartalmára (µg g⁻¹)

(1) Cd-szint mg kg ⁻¹	(2) Istállótrágya a talaj súly %-ában				(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
	0	0,5	1,0	2,0		
A. Tehénborsó						
0	0,07	0,08	0,09	0,09	N.S.	0,08
2,5	3,17	3,22	3,33	3,70		3,36
5,0	3,75	3,92	4,08	4,33		4,02
10,0	4,50	4,57	4,75	5,17		4,75
20,0	5,92	6,25	6,50	6,58		6,31
a) SzD _{5%}	N. S.					0,14
b) Átlag	3,48	3,61	3,75	3,97	0,13	
B. Mungóbab						
0	0,05	0,04	0,06	0,07	N.S.	0,06
2,5	2,13	2,27	2,50	2,67		2,39
5,0	2,97	3,07	3,27	3,33		3,16
10,0	3,87	3,87	4,03	4,20		3,99
20,0	5,40	5,70	5,83	6,00		5,73
a) SzD _{5%}	N. S.					0,11
b) Átlag	2,88	2,99	3,14	3,25	0,10	

N.S.: nem szignifikáns

sek átlagában. A Cd-koncentráció jelentős emelkedését tapasztaltuk ennél a növénynél is, ahogy emeltük az istállótrágya-adagokat. A növekedés a trágyázatlan kontrollhoz képest százalékban kifejezve átlagosan 3,8, 9,0 és 12,8 volt a 0,5, 1,0 és 2,0 %-os szinteken.

Kadmiumfelvétel

A növekvő Cd-kezelés szignifikáns Cd-felvétel emelkedést eredményezett a tehénborsónál (4. táblázat). A Cd-felvétel átlagértéke 0,68, 21, 22, 23 és 25 μg -nak adódott tenyészedenként a 0, 2,5, 5,0, 10 és 20 mg kg^{-1} -os Cd-kezeléseknél. A kontrollhoz képest a 20 mg kg^{-1} -os terhelésnél átlag 37-szeres Cd-akkumulációt mutattunk ki. A nagyobb istállótrágya-adagok elősegítették a tehénborsó Cd-felhalmozását. Ennek átlagértékét 15, 17, 19 és 23 μg -nak találtuk tenyészedenként a 0, 0,5, 1,0 és 2,0 %-os istállótrágyázás esetén. A százalékos növekedés a kontrollhoz képest 12, 27 és 53 volt. A Cd-kezelés és istállótrágyázás közötti kölcsönhatás igazolhatóan kimutatható.

Hasonló eredményekre jutottunk a mungóbabnál is. A Cd-felvétel átlagértéke 0,33, 10, 11, 12 és 14 μg -nak adódott tenyészedenként a 0, 2,5, 5,0, 10 és 20 mg kg^{-1} -os Cd-kezelések átlagában. A kontrollhoz képest a maximális (20 mg kg^{-1} -os) terhelésnél 41-szeres Cd-felhalmozódás következett be. Az istálló-

4. táblázat
Cd-terhelés és istállótrágyázás hatása a tehénborsó és mungóbab hajtásának Cd-felvételére (μg tenyészedenként)

(1) Cd-szint mg kg ⁻¹	(2) Istállótrágya a talaj súly %-ában				(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
	0	0,5	1,0	2,0		
A. Tehénborsó						
0	0,55	0,65	0,73	0,78	2,80	0,68
2,5	17,73	19,83	20,93	26,20		21,17
5,0	17,97	20,67	23,23	27,63		22,38
10,0	19,97	20,67	23,23	27,23		22,38
20,0	19,98	21,67	26,03	32,20		34,95
a) SzD _{5%}	2,80				1,25	1,40
b) Átlag	15,03	16,86	19,06	22,95		
B. Mungóbab						
0	0,19	0,30	0,37	0,45	1,39	0,33
2,5	7,80	9,47	11,35	12,63		10,31
5,0	7,91	9,51	11,11	14,01		10,64
10,0	8,23	11,34	12,37	15,68		11,91
20,0	8,64	11,40	14,00	20,10		13,56
a) SzD _{5%}	1,39				0,62	0,69
b) Átlag	6,55	8,40	9,84	12,59		

trágyázás a mungóbabnál szintén elősegítette a Cd-felvételt, átlagértéke 7, 8, 10 és 13 μg (százalékban 28, 50, 92) volt tenyészedenként a 0, 0,5, 1,0 és 2,0 %-os istállótrágyázás esetén. A Cd-kezelés és istállótrágyázás közötti kölcsönhatás itt is kimutatható volt a növényi Cd-felvételben.

Eredmények értékelése

Az eredmények szerint az alkalmazott homokos vályogtalajon mindkét pillangós növény, a tehénborsó és a mungóbab hasonlóan reagált a kezelésekre. A növekvő Cd-terheléssel emelkedett a vizsgált növények Cd-felvétele és ez jelentős szárazanyaghozam-visszaesést eredményezett. Ugyanilyen hatásról számol be számos szerző. SEGHAL és RATTAN (1990) eredményei szerint a borsó-szár és -szem Cd-tartalma emelkedett a nagyobb mértékű Cd-kezeléssel. Hasonló összefüggést kapott BINGHAM et al. (1975) a talaj és a rajta termesztett növény Cd-tartalma között. Ugyanakkor saját kísérletünk szerint az istállótrágya párhuzamos alkalmazása mérsékelte a kadmium szárazanyaghozam-gátlását. Az ilyen irányú Cd \times istállótrágya kölcsönhatás statisztikailag bizonyítható a mungóbabnál, de trendszerűen kimutatható a tehénborsónál is. Annak ellenére következett be mindez, hogy a fokozódó istállótrágyázás tulajdonképpen előmozdította mindkét pillangós növény Cd-felvételét és -akkumulációját, amint azt KRAMER és KOENIG (1983) is tapasztalta. A tenyészedenként számított nagyobb Cd-felvétel a szervesztrágya-adagok következtében azonban, egyaránt visszavezethető a Cd-felvehetőség javulására, illetve a nagyobb szárazanyaghozamból következő fokozottabb akkumulációra.

Összefoglalás

Tenyészedeny-kísérletben vizsgáltuk a Cd-terhelés (0, 2,5, 5,0, 10 és 20 mg Cd kg^{-1} talaj, CdCl_2 formában) és az istállótrágya adagolás (0, 0,5, 1,0 és 2,0 trágya száraz anyag súly% a száraz talaj tömegére vonatkoztatva) hatását tehénborsó és mungóbab növekedésére és Cd-felvételére virágzáskor (45. nap).

Mindkét növény száraz tömege szignifikánsan csökkent, Cd-felvétele pedig nőtt a Cd-terheléssel. Az istállótrágyázás pozitívan hatott a kísérleti növények szárazanyaghozamára, mérsékelve az alkalmazott nehézfémterhelés toxikus hatását, annak ellenére is, hogy a Cd-felvételt bizonyos mértékig serkentette.

Irodalom

- BINGHAM, F. T. et al., 1975. Growth and cadmium accumulation of plants grown on soil treated with a cadmium enriched sewage sludge. *J. Environ. Qual.* **4**. 207–211.
- DUNNIVANT, F. M. et al., 1992. Cotransport of cadmium and hexachlorobiphenyl by dissolved organic carbon through columns containing aquifer material. *Environ. Sci. Technol.* **26**. 360–368.
- HAGHIRI, F., 1973. Cadmium uptake by plants. *J. Environ. Qual.* **2**. 93–96.
- HAMON, R. et al., 1994. Changes in trace metal species and other components of the soil solution during growth of radish. *Plant Cell Env.* **18**. 749–756.
- HERMS, U. & BRUMMER, G., 1983. Influence of different types of natural organic matter on the solubility of heavy metals in soils. In: *Environmental Effects of Organic and Inorganic Contaminants in Sewage Sludge*. 209–214. Dordrecht, The Netherlands.
- JACKSON, M. L., 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs. N. J.
- KOENIG, R. A. & JOHNSON, C. R., 1942. Colorimetric determination of phosphorus in biological material. *Ind. Engng. Chem. (Analy.)* **14**. 155–156.
- KRAMER, E. & KOENIG, W., 1983. Cadmium content in soils and plants in areas treated with sewage sludge. *Landwirtsch. Forschung Sonderheft.* **39**. 434–447.
- LINDLER, R. C., 1944. Rapid analytical methods for some of the inorganic constituents of plant tissue. *Pl. Physiol.* **19**. 76–86.
- LINDSAY, W. L. & NORVELL, W. A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **42**. 421–428.
- MCLAUGHLIN, M. J. et al., 1996. Review: the behaviour and environmental impact of contaminants in fertilizers. *Aust. J. Soil Res.* **34**. 1–54.
- NÉMETH, T. et al., 1993. Mobility of some heavy metals in soil-plant system studied on soil monoliths. *Wat. Sci. Tech.* **28**. 389–398.
- OLSEN, S. R. et al., 1954. Estimation of available phosphorus in soils using sodium bicarbonate. *USDA Cir. No. 939*. Washington, D. C.
- PIPER, C. S., 1966. *Soils and Plant Analysis*. Hans Pub. Bombay.
- PURI, A. N., 1949. *Soils: Their Physics and Chemistry*. Reinhold Pub. Co. New York.
- SEGHAL, D. & RATTAN, R. K., 1990. Investigation of cadmium phytotoxicity in peas on acid and alkali soils. *J. Indian Soc. Soil. Sci.* **38**. 561–564.
- SPOSITO, G., 1983. Chapter 5. The chemical forms of trace metals in soils. In: *Applied Environmental Geochemistry*. (Ed.: THORNTON, I.) 123–170. Academic Press. New York.
- SUBIAH, B. V. & ASIJA, G. L., 1956. A rapid procedure for the estimation of available nitrogen in soils. *Curr. Sci.* **25**. 259–260.
- WALKLEY, A. & BLACK, C. A., 1934. An examination of the methods for determination of organic matter and proposed modification on the chromic acid titration method. *Soil Sci.* **37**. 29–38.

The Effect of Cadmium Treatment and Farmyard Manure Application on Cadmium Accumulation of Two Legumes

¹ B. S. PANWAR, ¹ R. D. LAURA and ² B. MORVAI

¹ CCS Haryana Agricultural University, Hisar (India) and

² Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry (RISSAC) of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

A pot culture experiment was conducted to determine the effect of Cd (0, 2.5, 5.0, 10 and 20 mg Cd kg⁻¹ soil, in the form of CdCl₂) and farmyard manure (FYM) levels (0, 0.5, 1.0 and 2 % on dry matter base) on the growth, Cd concentration and uptake of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) and mungbean (*Vigna radiata* L.) crops at blooming stage (45 days).

The dry matter yield of both crops decreased significantly, their Cd uptake increased by higher Cd treatment. The application of FYM positively induced the dry matter yield of the experimental plants moderating the depressive effect of the toxic heavy metal used, while slightly improved the accumulation of Cd in both legumes.

Table 1. Chemical properties of soil used and FYM applied in the experiment.

(1) Parameter. a) Electrical conductivity, EC, dS m⁻¹; b) Organic C, %; c) Cation exchange capacity, CEC, cmol kg⁻¹; d) Mechanical composition; e) Sand, %; f) Silt, %; g) Clay, %; h) DTPA-extractable element content, ppm; i) C/N ratio. (2) Method. (3) Soil. (4) Farmyard manure.

Table 2. Effect of Cd treatment and farmyard manure (FYM) application on the dry matter of cowpea and mungbean shoot (g pot⁻¹). (1) Cd level, mg kg⁻¹. a) LSD_{5%}; b) Average. (2) Farmyard manure % on dry matter base. (3) LSD_{5%}. (4) Average. A. Cowpea. B. Mungbean. N.S.: Non-significant.

Table 3. Effect of Cd treatment and farmyard manure (FYM) application on the tissue Cd concentration of cowpea and mungbean shoot (µg g⁻¹). (1) Cd level, mg kg⁻¹. a) LSD_{5%}; b) Average. (2) Farmyard manure % on dry matter base. (3) LSD_{5%}. (4) Average. A. Cowpea. B. Mungbean. N. S.: Non-significant.

Table 4. Effect of Cd treatment and farmyard manure (FYM) application on uptake of Cd of cowpea and mungbean shoot (µg pot⁻¹). (1) Cd level, mg kg⁻¹. a) LSD_{5%}; b) Average. (2) Farmyard manure % on dry matter base. (3) LSD_{5%}. (4) Average. A. Cowpea. B. Mungbean.